

ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل

سعید خروشی^۱، رئوف مصطفی‌زاده^{۲*}، اباذر اسمعیلی‌عوری^۳ و مجید رئوف^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۴. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۸/۱۰؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۱/۳۰)

چکیده

ارزیابی سلامت رودخانه می‌تواند به‌عنوان ابزاری در برآورد جریان زیست‌محیطی و کمی کردن مقدار، زمان‌بندی و کیفیت جریان آب مورد نیاز در تداوم حیات اکوسیستم‌های رودخانه‌ای استفاده شود. هدف از مطالعه حاضر، تعیین روند تغییرات زمانی و مکانی سلامت رودخانه‌های استان اردبیل با تأکید بر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان با استفاده از آزمون‌های آماری است. بدین منظور از داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۹۰ برای تجزیه و تحلیل سلامت رودخانه و از آزمون ناپارامتریک من-کندال و روش تخمینگر سن به‌منظور تعیین وجود داشتن یا نداشتن روند مثبت و منفی در سطوح مختلف آماری استفاده شد. همچنین پس از تقسیم‌بندی دوره آماری موجود به چهار دوره پنج‌ساله، از آزمون کروسکال والیس برای بررسی تغییرات زمانی و وجود تفاوت در دوره‌های کوتاه‌مدت استفاده شد. نتایج پژوهش روند کاهشی معنادار سلامت رودخانه در ایستگاه‌های مطالعه شده (۱۳ ایستگاه از ۲۴ ایستگاه) را نشان داد. ایستگاه‌های سولا و فیروزآباد روند افزایشی معناداری داشتند و در ایستگاه‌های باقی‌مانده روندی معنادار تشخیص داده نشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از نقشه‌های تغییرات مکانی سلامت رودخانه، بیشترین تغییر وضعیت شاخص سلامت رودخانه در بخش مرکزی و کمترین تغییرات و کاهش شاخص یادشده در قسمت‌های شمالی و جنوبی استان مشاهده شد. در مجموع، می‌توان گفت که میزان تغییرات و کاهش درجه سلامت هیدرولوژیک جریان در دوره‌های اخیر بسیار بیشتر از گذشته بوده است که می‌تواند با افزایش شدت بهره‌برداری از منابع آب سطحی و کاهش آبدهی بر اثر تغییرات اقلیمی مرتبط باشد.

کلیدواژگان: آب‌های سطحی، آزمون من-کندال، تغییرات دبی، رژیم جریان، شاخص هیدرولوژیک.

مقدمه

مفهوم سلامت رودخانه^۱ و ارزیابی وضعیت آن موضوعی دشوار و پیچیده است، چون دربرگیرنده همه منافع و مفهوم‌های مختلف است و باید در زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی یا ارزش‌های زیست‌محیطی تعریف شود و یا به وسیله شاخص‌های بیولوژیکی، شیمیایی یا فیزیکی ارزیابی شود. علاوه بر این، سلامت رودخانه از اهداف اجتماعی، سیاسی و علمی نیز متأثر است که تعریف و اندازه‌گیری آن را کاملاً پیچیده می‌کند [۱ و ۲]. معنای واژه «سلامت» به‌عنوان وضعیت، تندرستی، سرزندگی و یا موفقیت است. به‌بیان دیگر، واژه سلامت یک اختصار برای شرایط خوب است. سلامت رودخانه‌ها یک توصیف از شرایط حیات آن و همچنین ارزیابی گسترده‌ای از عملکردهای رودخانه‌ها و ارتباط آن با جوامع انسانی است [۳]. ابتدا اصطلاح سلامت رودخانه در کنترل آلودگی آب ایالت متحده (قانون آب پاک^۲) در سال ۱۹۷۲ پیشنهاد شد [۴]. هدف این قانون بازگرداندن و حفظ وضعیت شیمیایی، فیزیکی و یکپارچگی^۳ آب بود که به‌معنای حفظ ساختار طبیعی و عملکرد اکوسیستم است. بر اساس قانون آب پاک بسیاری از محققان سلامت رودخانه را به‌عنوان حفظ یکپارچگی اکوسیستم رودخانه در نظر گرفته‌اند [۵]. حل بحران آب به همکاری و آینده‌نگری نیاز دارد و برنامه‌ریزی برای منابع آبی در جهان امری ضروری به‌نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر لزوم تدوین و ارائه شاخص‌های جدید جامع و چندبعدی برای ارزیابی وضعیت موجود و پیش‌بینی روند آتی منابع آب سطحی و زیرزمینی اهمیت زیادی پیدا کرده است [۶]. اصطلاح سلامت رودخانه مفهومی گسترده است و توصیف آن در یک اصطلاح دقیق علمی دشوار است و محققان مفاهیم مختلفی درباره سلامت رودخانه ارائه داده‌اند [۷]. یکی از روش‌های متداول به‌منظور تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، آزمون وجود روند در آنها ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی است [۸]. روش‌های تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی با استفاده از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک است. مبنای این روش‌ها

مطرح کردن فرض H_0 و H_1 است. فرض H_0 مبتنی بر نبود روند در سری زمانی است و حکم بر تصادفی‌بودن داده‌های سری دارد. درمقابل، پذیرش فرض H_1 به‌منزله وجود روند معناداری در سری داده‌ها است که در صورت رد شدن فرض صفر پذیرفته می‌شود [۹]. تحقیقات متعددی در خصوص روند تغییرات مؤلفه‌های هیدرواقلمی صورت گرفته است.

شکری و همکارانش (۲۰۱۴) با آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه گرگر در استان خوزستان با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری طی دوره آماری ۱۳۷۰-۱۳۹۲ مشاهده کردند جریان رودخانه گرگر در مقیاس سالانه در دو ایستگاه شوشتر و بندقیار روند نزولی معنادار در سطح ۹۹ درصد داشته و کمترین شیب خط روند جریان‌های سالانه متعلق به ایستگاه بندقیار است [۱۰]. موسویان و همکارانش (۲۰۱۴) عوامل مؤثر بر تغییرات زمانی مؤلفه‌های کیفی آب رودخانه زرد در استان خوزستان را در دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۲ با روش‌های من-کندال، لیو و پایپر بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که متغیرهای پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سولفات در پایه زمانی مطالعه‌شده روند افزایشی و متغیرهای سدیم و کلر روند کاهشی دارند [۱۱]. زارع بیدکی و همکارانش (۲۰۱۵) به‌منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی در رودخانه تیره استان گلستان از روش فیلتر دیجیتال برگشتی و Hysep برای محاسبه شاخص جریان پایه در دوره ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۰ استفاده کردند و به این نتیجه دست یافتند بین ۷۴ تا ۷۸ درصد جریان رودخانه را آب پایه تشکیل می‌دهد. همچنین اشاره کردند که روش‌های محدوده زمانی جابه‌جاشونده و فیلتر دیجیتال برگشتی لین و هولیک روش مناسبی برای جداسازی آب پایه از جریان روزانه رودخانه یادشده است [۱۲].

خورشیددوست و همکارانش (۲۰۱۵) روند تغییرات دبی زیرحوضه‌های رودخانه کرخه را با استفاده از روش‌های ناپارامتریک در حوضه آبریز کشکان طی دوره ۱۳۴۸-۱۳۸۹ بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که روند دبی در مقیاس سالانه و فصلی کاهشی است و به‌طور کلی دخالت انسانی تغییرات دبی ناشی از بارش را تشدید کرده است [۱۳]. صائب و همکارانش (۲۰۱۶) شاخص‌های زیستی آلودگی و کیفیت آب رودخانه هراز را با استفاده از جوامع ماکروبن‌توزها بررسی و بیان کردند که میانگین شاخص یادشده دوره تحقیق ۷۲/۵ و کیفیت این رودخانه در کلاس

1. River Health
2. Clean Water Act
3. Integrity

رشد جلبک با استفاده از سه شاخص کلیدی پرداختند [۱۹]. وزنیک و همکارانش (۲۰۱۵) با انتخاب پارامترهای مدل اکوهیدرولوژیکی برای ارزیابی سلامت رودخانه، شاخص‌های هیدرولوژیکی را به پنج بخش از رژیم جریان رودخانه شامل بزرگی، فراوانی، تداوم، زمان‌بندی و نرخ تغییرات جریان تقسیم کردند. ایشان از داده‌های جریان روزانه سال آبی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹ برای کار خود استفاده کردند و هر بخش را بر اساس نوع جریان در سه طبقه متوسط، کم و زیاد کلاسه‌بندی کردند [۲۰]. سانچز و همکارانش (۲۰۱۵) برای ایجاد ارتباط میان سلامت جریان در مقیاس حوضه و شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی با خوشه‌های فضایی و مدل‌سازی معادله ساختاری بر رودخانه حوضه آبخیز ساقیناو در میشیگان برای توصیف روابط بین شاخص‌های سلامت جریان و اقدامات اجتماعی اقتصادی جوامع از روش دسته‌بندی مکانی در ترکیب با مدل معادلات ساختاری استفاده کردند. ایشان نتیجه گرفتند که ترکیب خوشه‌بندی و معادلات ساختاری، توان پیش‌بینی مدل را بهبود بخشیده است [۲۱]. گنزالس اینکا و همکارانش (۲۰۱۶) سری‌های زمانی کیفیت آب و بار رسوبی حوضه‌های آبخیز کشاورزی یانینجوکی^۱ و پیهاجوکی^۲ در جنوب غربی فنلاند را برای تشخیص روند مطالعه کردند. آنها از آزمون‌های روند تک‌متغیره و چندمتغیره من-کندال برای داده‌های کیفیت آب جریان نرمال با یک مدل چندمتغیره من-کندال برای دوره‌های نرمال شده استفاده کردند که نتایج همه روش‌ها برای داده‌های غلظت مواد مغذی مشابه بود؛ ولی برای داده‌های بار رسوب متفاوت بود. ایشان بیان کردند که روند افزایشی در غلظت و بارهای مجموع نیتروژن، نیترات-نیتروژن و فسفر محلول و یک روند کاهشی در غلظت مواد معلق وجود دارد [۲۲]. در مجموع، بر اساس سوابق تحقیق می‌توان گفت که روند تغییرات مؤلفه‌های مختلف جریان در تحقیقات مختلف ارزیابی شده است، اما ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی وضعیت سلامت رودخانه به مطالعات بیشتری نیاز دارد. با توجه به افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و نیز نگرانی‌های جدی در خصوص آسیب به اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، ارزیابی تغییرات هیدرولوژیک

کیفی متوسط با آلودگی ناشی از مواد آلی قرار دارد [۱۴]. بدین‌منظور می‌توان به بررسی روند تغییرات دبی کل و دبی پایه ایستگاه هیدرومتری آرازکوسه حوضه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان (رحیمی و همکارانش، ۲۰۱۴) و مطالعه تغییرات زمانی و مکانی دبی سیلابی در حوضه آبخیز کرخه (عزیزآبادانی فراهانی و شیرشاهی، ۲۰۱۳) اشاره کرد [۱۵] و [۱۶]. کومار و همکارانش (۲۰۰۹) برای شناسایی روند جریان در ایالت ایندیانا آمریکا، آزمون ناپارامتری من-کندال را با چهار روش مختلف روی آمار کمینه، میانگین و بیشینه دبی جریان، در مقیاس زمانی فصلی و سالانه، مربوط به ۳۱ ایستگاه هیدرومتری انجام دادند که آمار ۵۰ سال یا بیشتر به‌صورت پیوسته داشتند. یافته‌های ایشان بیان‌کننده وجود روند مثبت و معناداری در کمینه و میانگین جریان است و در نهایت ایشان نشان دادند حذف اثر خودهمبستگی، تعداد ایستگاه‌های دارای روند معنادار را در قیاس با آزمون بدون حذف اثر خودهمبستگی کاهش می‌دهد [۱۷]. شاخص‌های سلامت رودخانه زرد چین با استفاده از شاخص‌های سلامت رودخانه، شامل جریان حداقل، ظرفیت دبی جریان حداکثر، شیب عرضی سیلاب‌دشت‌ها، درجه کیفیت آب، مناطق تالاب‌ها، اکوسیستم آب و ظرفیت ذخیره آب با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی و مشاهداتی دوره آماری ۱۹۵۶-۲۰۰۴ توسط ژیانویان و همکارانش (۲۰۰۶) ارزیابی شد و به این نتیجه رسیدند با بهبود سلامت رودخانه زرد و توسعه اجتماعی و اقتصادی، مناقشات بر سر استفاده از رودخانه تغییر خواهد کرد [۳]. در بررسی مفهوم و سیستم شاخص‌های ارزیابی سلامت رودخانه گاو و همکارانش (۲۰۰۸) به این نتیجه دست یافتند که ارزیابی سیستم شاخص‌ها با بسیاری از زمینه‌ها در ارتباط است و رابطه پیچیده‌ای بین حفظ عملکردهای طبیعی و عملکردهای اجتماعی در اکوسیستم رودخانه وجود دارد [۷]. تیلور و همکارانش (۲۰۱۳) در پژوهش روی رودخانه‌های می‌سی‌سی‌پی و مینوری و اوهایو برای شاخص‌های شرایط هیدرولوژیکی و زیستگاه به این نتیجه رسیدند که الگوی هیدرولوژیکی جریان رودخانه از طریق توالی سد و احداث آنها تغییر داده شده است [۱۸]. پینتو و ماهشواری (۲۰۱۴) با ارائه چارچوبی برای ارزیابی سلامت رودخانه در چشم‌اندازهای حومه شهری به توسعه ابزاری برای ارزیابی خطر در زمینه سلامت رودخانه برای فعالیت‌های تفریحی و

1. Yläneenjoki

2. Pyhäjoki

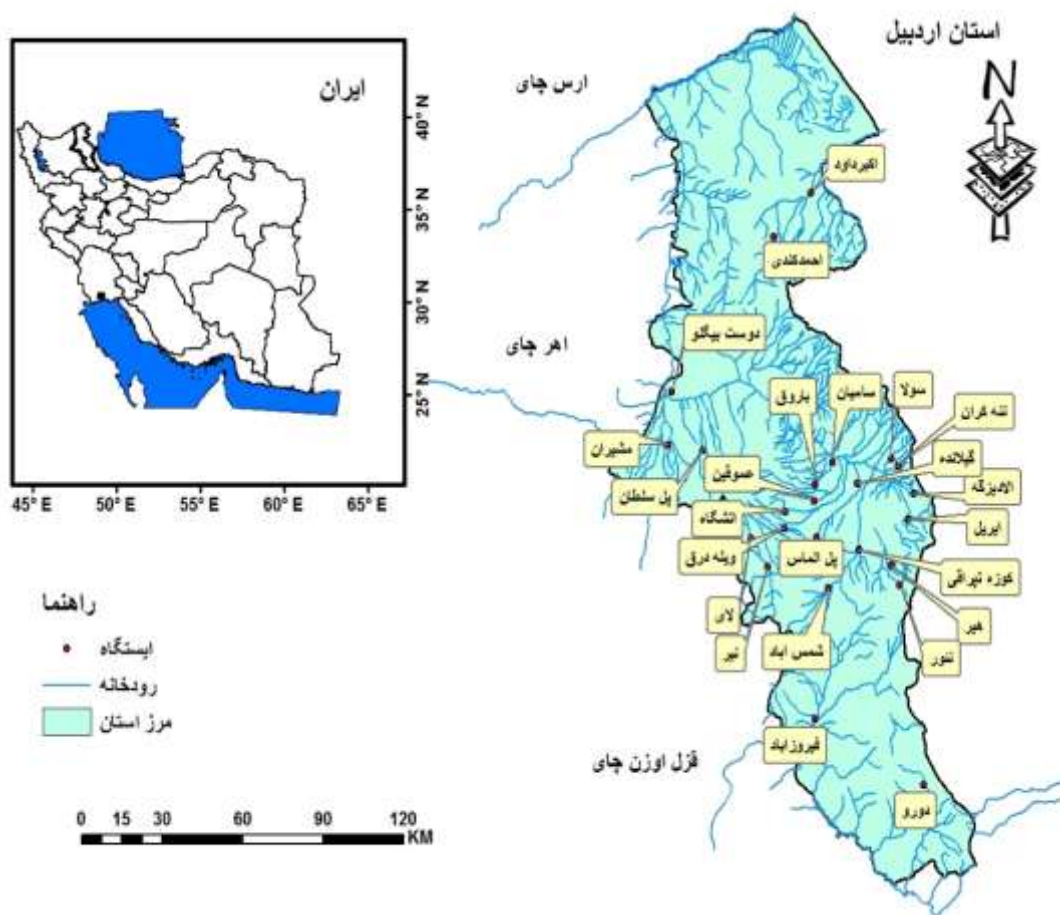
آذربایجان شرقی هم‌جوار است. استان اردبیل جزء نواحی سردسیر کوهستانی محسوب می‌شود و میزان نزولات جوی در استان اردبیل به‌طور متوسط بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال در بخش‌های مختلف استان نوسان دارد. در این مطالعه از آمار دبی جریان روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره آماری ۲۴ ساله از سال آبی ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰ (براساس آمار موجود) واقع در آبخیزهای استان اردبیل استفاده شده است. کمترین ارتفاع مربوط به ایستگاه اکبرداود (۳۳۴ متر) و بیشترین ارتفاع مربوط به ایستگاه نئور (۲۴۹۹ متر) است و بیشترین سطح حوضه مربوط به ایستگاه مشیران (۱۱۲۶ کیلومترمربع) و کمترین آن نیز به ایستگاه‌های ویلادرق و ننه‌کران (۸ کیلومترمربع) مربوط است. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مطالعه شده در استان اردبیل نشان داده شده است. همچنین در جدول ۱ برخی از مشخصات ایستگاه‌های انتخابی ارائه شده است.

رودخانه از مواردی است که در شرایط کشور ایران بسیار اهمیت دارد. از آنجا که وضعیت سلامت رودخانه بر اساس شاخص‌های هیدرولوژیک مختلفی ارزیابی می‌شود می‌توان برای مدیریت منابع آب استفاده کرد و همچنین وضعیت سلامت رودخانه را می‌توان برای رودخانه‌های دیگر استان‌ها نیز محاسبه کرد. بر این اساس، هدف تحقیق حاضر بررسی تغییرات شاخص سلامت رودخانه در رودخانه‌های استان اردبیل در دوره‌های آماری موجود است.

مواد و روش

منطقه مطالعه شده

استان اردبیل در شمال غربی فلات ایران بین مختصات 37° تا 42° عرض شمالی و 3° تا 48° طول شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده و از شمال با جمهوری آذربایجان همسایه است، از قسمت شرق با استان گیلان، از جنوب با استان زنجان و از غرب با استان



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری مطالعه شده در ارزیابی شاخص سلامت رودخانه در استان اردبیل

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مطالعه‌شده در ارزیابی شاخص سلامت رودخانه در استان اردبیل

ایستگاه	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سطح حوضه (کیلومتر مربع)
پل الماس	بالیخوچای	۴۸-۱۱-۱۹	۴۸-۰۸-۱۶	۱۴۴۰	۱۰۷۰
سامیان	قره‌سو	۴۸-۱۴-۴۸	۳۸-۲۲-۵۳	۱۲۹۰	۴۰۰۴
آتشگاه	نوران‌چای	۴۸-۰۳-۲۳	۳۸-۱۳-۰۶	۱۷۷۳	۴۴
نیر	نیرچای	۴۷-۵۹-۳۸	۳۸-۰۲-۰۲	۱۶۲۴	۲۵۶
آلادیزگه	قره‌سو	۴۸-۳۵-۲۲	۳۸-۱۷-۰۰	۱۳۷۴	۲۲
دوست‌بیگللو	قره‌سو	۴۷-۳۲-۱۸	۳۸-۳۳-۰۲	۷۸۰	۷۳۱۱
فیروزآباد	فیروزآباد چای	۴۸-۱۳-۳۵	۳۷-۳۵-۰۸	۱۱۵۳	۱۵۱۵
کوزه تپراقی	قوری‌چای	۴۸-۲۲-۰۱	۳۸-۰۷-۲۸	۱۳۹۴	۸۱۲/۵
گیلان‌ده	بالیخوچای	۴۸-۲۱-۴۳	۳۸-۱۸-۲۶	۱۳۳۲	۱۶۳۸
هیر	هیرچای	۴۸-۳۰-۲۸	۳۸-۰۴-۵۵	۱۵۷۵	۱۷۸
لای	لای‌چای	۴۷-۵۴-۰۳	۳۸-۰۷-۰۰	۲۰۶۸	۳۶
ویلادرق	ولادرق‌چای	۴۸-۰۳-۱۹	۳۸-۱۰-۳۸	۱۸۰۰	۸
باروق	شهریورچای	۴۸-۱۰-۰۶	۳۸-۱۸-۱۷	۱۴۱۰	۹۴
ایریل	سقزچای	۴۸-۳۴-۳۰	۳۸-۱۳-۲۳	۱۳۷۵	۷۶
نئور	خروجی سد	۴۸-۳۳-۴۳	۳۸-۰۰-۵۳	۲۴۹۹	۴۴
عموقین	یدی‌بولیک‌چای	۴۸-۱۰-۴۰	۳۸-۱۵-۰۷	۱۳۸۵	۱۱۰
شمس‌آباد	آغ‌چای	۴۸-۱۵-۱۴	۳۷-۵۹-۵۳	۱۴۹۳	۱۲۸
پل سلطانی	خیاوچای	۴۷-۴۱-۳۹	۳۸-۲۳-۵۶	۱۴۲۰	۹۸
احمد کندی	برزندچای	۴۷-۵۶-۱۷	۳۹-۰۲-۱۰	۸۲۰	۱۵۷
اکبرداود	ساری‌قمیش	۴۸-۰۵-۳۱	۳۹-۱۱-۴۵	۳۳۴	۷۱۰
سولا	سولاچای	۴۸-۲۹-۰۴	۳۸-۲۳-۱۴	۱۳۵۲	۴۰
درو	شاهرود	۴۸-۴۱-۴۸	۳۷-۲۴-۳۸	۱۶۵۱	۱۵۸
مشیران	دره‌رود	۴۸-۳۲-۰۱	۳۸-۴۱-۱۰	۷۰۵	۱۱۲۶۷
ننه‌کران	نرگس‌چای	۴۸-۳۱-۳۲	۳۸-۲۲-۱۷	۱۳۵۰	۸

روش تحقیق

برای انجام این مطالعه، از آمار دبی روزانه ۲۴ ایستگاه هیدرومتری با دوره آماری ۲۴ ساله (۱۳۶۷-۱۳۹۰) استفاده شده است. ابتدا پس از انتخاب آمار هیدرومتری، امتیاز سلامت رودخانه با استفاده از نرم‌افزار Flow Health صورت گرفت [۲۳]. این نرم‌افزار در سال ۲۰۱۲ توسط گیپل و همکارانش با هدف ارزیابی، طراحی و مدیریت رژیم جریان رودخانه که هدف اصلی آن محاسبه امتیاز سالانه برای سلامت هیدرولوژیک رودخانه است در کشور چین توسعه یافت و ارائه شد [۲۳]. همچنین Flow Health یک برنامه کمکی برای ارزیابی و مدیریت رژیم جریان رودخانه بوده و هدف اصلی آن محاسبه امتیاز سالانه برای ارزیابی سلامت هیدرولوژی رودخانه است و نیز می‌تواند به‌عنوان وسیله‌ای برای تعیین و ارزیابی جریان

زیست‌محیطی استفاده شود. در این نرم‌افزار برای محاسبه سلامت جریان از داده‌های دبی روزانه استفاده می‌شود که برای هر یک از معیارها یک امتیاز سالانه محاسبه می‌کند و اطلاعاتی که این نرم‌افزار نشان می‌دهد شامل جدول موزاییک (امتیاز سالانه سلامت جریان)، نمودار خطی (سری زمانی امتیاز جریان برای هر سال آزمون)، نمودار ساختار تجمعی (سری زمانی امتیاز سلامت جریان) و جدول نمرات سالانه جریان است [۲۳]. مدل استفاده‌شده با هدف ارزیابی تغییرات شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه بر اساس داده‌های ثبت‌شده است، که منشأ تغییرات می‌تواند فعالیت‌های انسانی و تغییرات طبیعی اقلیمی باشد. برای محاسبه امتیاز سلامت رودخانه در نرم‌افزار یادشده از پنج معیار مختلف استفاده شده است که از خصوصیات جریان استخراج می‌شود. معیارهای یادشده شامل مقدار دبی

ناپارامتری سن تخمین می‌زند [۲۹]. ابتدا آماره S برای آزمون من-کندال به دست می‌آید و سپس *sign* که تابع علامت بوده تعیین می‌شود.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_i - x_j) \text{sign}(\theta) \quad (1)$$

$$= [+1 \text{ if } \theta > 0, 0 \text{ if } \theta = 0, -1 \text{ if } \theta < 0]$$

برای متغیرهای تصادفی مستقل و دارای توزیع یکنواخت و بدون گره (دو یا چندین داده با مقادیر عددی مساوی) میانگین و واریانس S به صورت زیر است:

$$E(S) = 0 \quad \text{and} \quad (2)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} = \sigma^2$$

اگر در سری داده‌ها گره وجود داشته باشد، مقدار واریانس از رابطه ۳ محاسبه خواهد شد:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18} \quad (3)$$

به طوری که t_i تعداد گره با ظرفیت i را نشان می‌دهد. برای مثال، در یک سری داده فقط دو عدد با مقادیر مساوی وجود داشته باشد یک گره با ظرفیت دو ($t_2 = 1$) خواهیم داشت. اگر تعداد داده‌های یک سری بیش از ۱۰ عدد باشد، S از توزیع نرمال تبعیت خواهد کرد و مقدار معیار آماری استاندارد (Z) به صورت زیر خواهد بود:

$$Z_s = \left[\frac{S-1}{\sigma} \text{ if } S > 0, 0 \text{ if } S = 0, \frac{S+1}{\sigma} \text{ if } S < 0 \right] \quad (4)$$

در یک آزمون دوطرفه برای یافتن روند سری داده‌ها در سطح اعتماد α فرض صفر رد خواهد شد، اگر مقدار Z_s بزرگ‌تر یا مساوی Z جدول باشد. در این آزمون‌ها فرض صفر (H_0)، یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل (H_1)، روند افزایشی یا کاهش‌ی است [۲۸]. روش تخمینگر سن مانند روش من-کندال بر اساس مفهوم تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بنا نهاده شده است. در این روش شیب بین هر جفت داده در سری زمانی محاسبه شده و میانگین سری شیب‌های به دست آمده استخراج می‌شود، سپس با استفاده از روابط زیر معناداری شیب خط آزمایش می‌شود [۱۰ و ۱۳ و ۲۸]. نخست محاسبه شیب بین هر جفت داده محاسبه شده و با اعمال رابطه ۵ برای هر جفت داده یک

ماهانه، مدت زمان و قابلیت پیش‌بینی سالانه دبی حداکثر و حداقل، تغییرات زمانی دبی‌های کم و زیاد در مقیاس زمانی سالانه، فراوانی، تداوم و قابلیت پیش‌بینی دبی‌های زیاد و کم وقایع و شدت و فراوانی تغییرات در حجم دبی است. برای ارزیابی تغییرات زمانی آن در ایستگاه‌های مطالعه شده آمار موجود به دوره‌های پنج‌ساله تقسیم شد. در خصوص انتخاب بازه‌های پنج‌ساله در ارزیابی تغییرات، باید اشاره شود که با توجه به ماهیت تصادفی بودن تغییرات اقلیمی و اثر فعالیت‌های انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی) با اثر و ماندگاری بیشتر و غیرقابل برگشت، شدت تغییرات خصوصیات هیدرولوژیک جریان و در نتیجه سلامت هیدرولوژیک در دوره‌های مختلف یکسان نیست و دوره‌های چندساله خود را نشان خواهد داد [۲۴ و ۲۵]. مقادیر محاسبه شده سلامت رودخانه به روش وزنی معکوس فاصله^۱ درونیابی شد. در روش یادشده، تأثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن اندازه‌گیری می‌شود و با افزایش فاصله، تأثیر پدیده در نقاط اندازه‌گیری نشده مد نظر کاهش می‌یابد. در این روش از فاصله به عنوان وزن متغیر معلوم در پیش‌بینی نقاط اندازه‌گیری نشده، استفاده می‌شود. بدین منظور مقادیر شاخص سلامت رودخانه با استفاده از نرم‌افزار ArcMap و روش یادشده درونیابی شد. همچنین متوسط مقادیر سلامت رودخانه برای هر سال محاسبه شد. به منظور تعیین روند امتیاز سلامت رودخانه، به علت وابسته نبودن توزیع احتمال سنجه آزمون‌های ناپارامتری به شکل توزیع دیدبانی‌ها، یعنی به علت تأثیرپذیرفتن از مقادیر غیرمعمول و دورافتاده، در نتیجه مقاوم بودن نسبت به خطاهای احتمالی [۲۶] از دو آزمون ناپارامتری من-کندال و تخمینگر سن استفاده شد که شرح و بسط آنها در ادامه می‌آید. آزمون‌های ناپارامتری به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود [۲۷] در این تحقیق از نرم‌افزار مکسنس^۲ استفاده شد [۲۸] که یک قالب اکسلی (آزمون من-کندال برای روند و سن برای برآورد شیب) است. مکسنس دو نوع تجزیه و تحلیل آماری انجام می‌دهد. ابتدا وجود یک روند افزایش یا کاهش یکنواخت با استفاده از آزمون غیرپارامتری من-کندال و در مرحله دوم شیب یک روند خطی با روش

1. Inverse Distance Weighting (IDW)
2. Mann-Kendall test and Sen's slope

با توجه به نتایج شکل ۲ سلامت رودخانه در بیشتر ایستگاه‌ها روند کاهشی دارد و از بین ۲۴ ایستگاه مطالعه شده فقط ایستگاه‌های ننه کران، فیروزآباد و سولا روند افزایشی دارند و ۲۱ ایستگاه روند کاهشی وجود دارد. در خصوص شدت تغییرات در سال‌های اخیر هم می‌توان به اثر تجمعی عواملی مانند کاهش بارش، افزایش بهره‌برداری اشاره کرد. شکری و همکارانش (۲۰۱۴) و خورشیددوست و همکارانش (۲۰۱۵) نیز در خصوص تغییرات دبی جریان به نتایج مشابهی دست یافته‌اند و نیز کاظم‌زاده و همکارانش (۲۰۱۳) در خصوص تحلیل روند جریان‌های رودخانه‌ای با استفاده از رویکردهای آماری پارامتری و ناپارامتری در استان اردبیل نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در جدول ۲ نتایج آزمون‌های من-کندال و سن برای شاخص سلامت رودخانه ارائه شده است.

پارامتر Z آماره آزمون من-کندال است که بیان‌کننده روند افزایشی و یا کاهشی است و پارامتر Q مقدار شیب خط روند تغییر را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج آزمون من-کندال و سن که در جدول ۱ ارائه شده است سلامت رودخانه در ایستگاه‌های پل الماس، پل سلطان، دوست‌بیگلو، گیلان‌ده، نیرچای، کوزه تپراقی، شمس‌آباد، ویله درق و مشیران روند کاهشی در سطح ۹۹ درصد دارند و ایستگاه‌های سامیان، ایریل و باروق در سطح ۹۵ درصد روند کاهشی دارند، اما ایستگاه سولا در سطح ۹۵ درصد و ایستگاه فیروزآباد در سطح ۹۹ درصد روند افزایشی وجود دارد و همچنین ایستگاه ننه کران نیز روند افزایشی دارد، ولی از لحاظ آماری معنادار نیست (بدون روند معنادار) و بقیه ایستگاه‌ها نیز کاهشی بدون روند هستند. با توجه به نتایج آزمون تخمینگر سن، ایستگاه‌های عموقین، باروق، ویله درق، شمس‌آباد، بیشترین شیب کاهشی را دارند و در بین ایستگاه‌هایی که روند افزایشی دارند ایستگاه ایریل بیشترین شیب افزایشی روند را دارد. با توجه به نتایج آزمون تخمینگر سن ایستگاه‌های آتنگاه، هیر و عموقین به ترتیب با ۱/۵۴، ۱/۴۰ و ۱/۳۳ بیشترین شدت کاهشی شاخص سلامت رودخانه را دارند.

سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده به دست می‌آید که با محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند به دست می‌آید. مقدار مثبت این آماره بیان‌کننده روند صعودی و مقدار منفی آن روند نزولی سری داده را نشان می‌دهد:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (5)$$

که در آن Q شیب میانه، X_t و X_s به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های t و s و یک واحد زمانی بعد از زمان s است [۲۸]. در مرحله بعد پارامتر C_a در سطوح اعتماد آزمایش شده با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$C_a = Z_1 - \frac{a}{\gamma} \times \sqrt{\text{Var}(S)} \quad (6)$$

که در آن پارامتر Z_1 آماره نرمال استاندارد و $\frac{a}{2}$ سطح معناداری برای سطوح مختلف اعتماد است [۲۸]. در گام سوم حدود اعتماد بالا و پایین شیب به دست آمده از طریق عبارت‌های زیر محاسبه می‌شود:

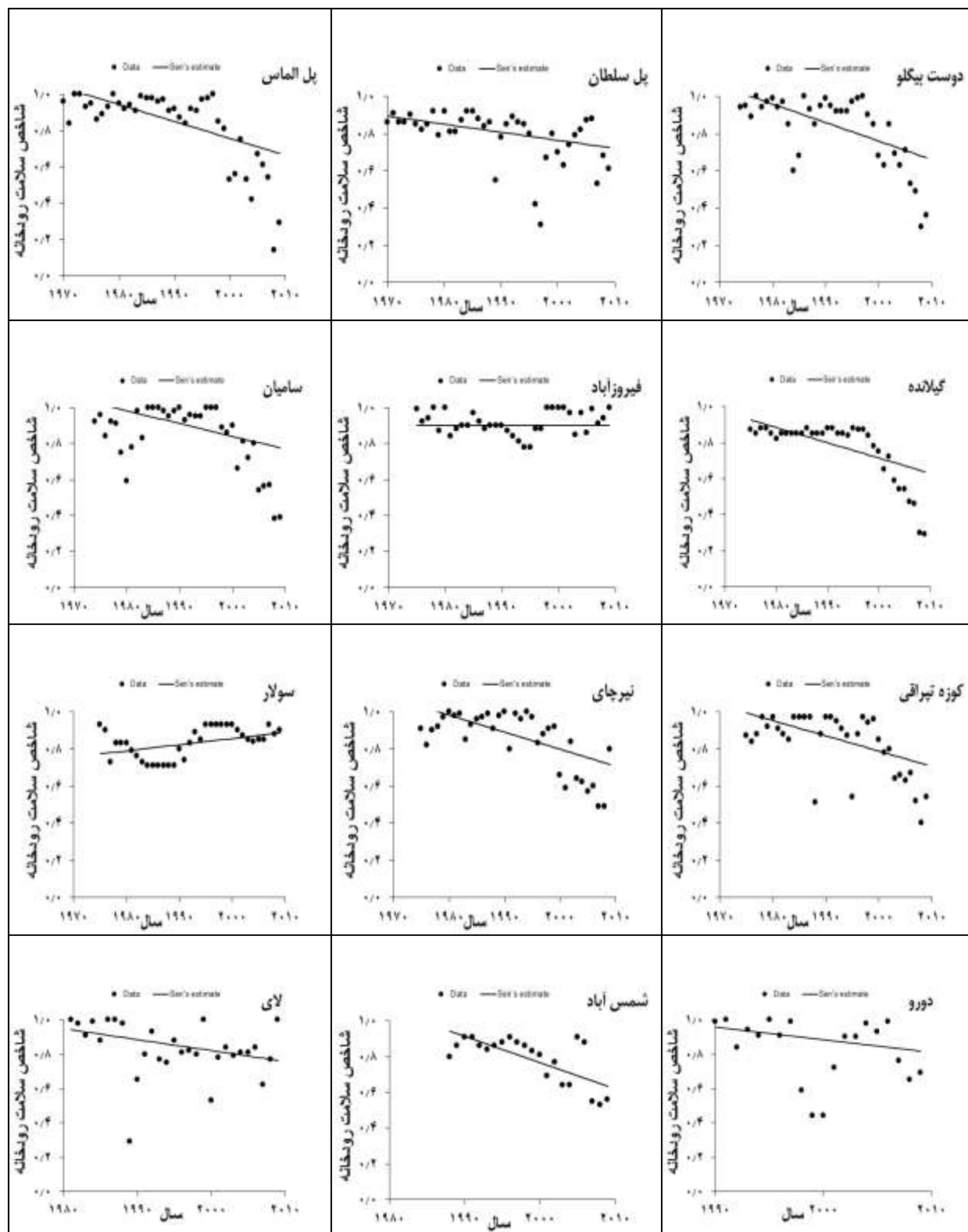
$$M_1 = \frac{N - C_a}{2} \quad (7)$$

$$M_2 = \frac{N - C_a}{2}$$

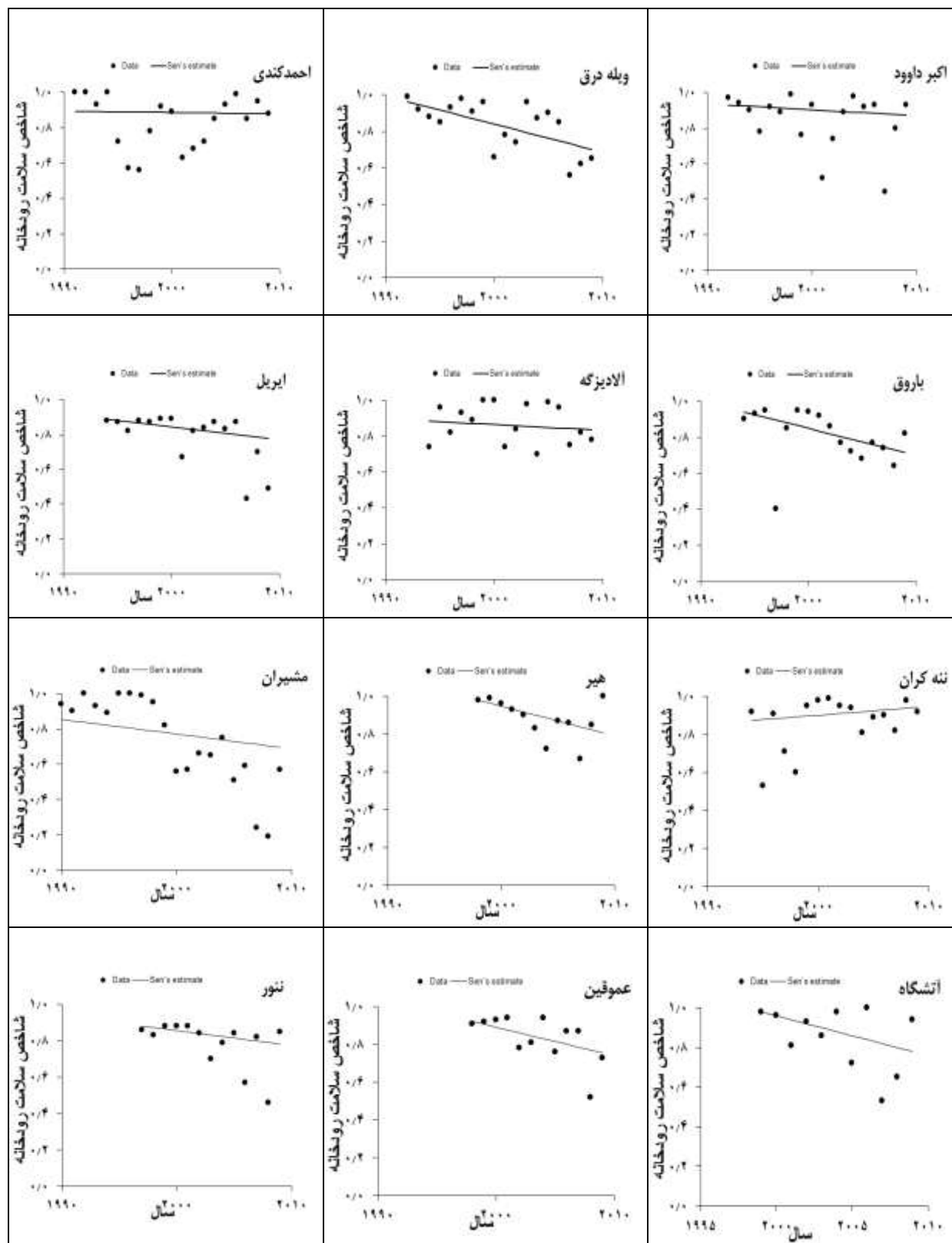
در روابط یادشده N تعداد شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه ۵، M_1 و M_2 به ترتیب حد پایین و بالای حدود اطمینان هستند. در مرحله آخر M_1 امین و $M_2 + 1$ امین شیب‌ها از بین شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه ۱ استخراج می‌شود. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده یادشده قرار گیرد فرض صفر پذیرفته شده و نبود روند در سری داده‌ها تأیید می‌شود [۱۰ و ۲۸]؛ در غیر این صورت فرض صفر رد و وجود روند در سطح اطمینان آزمایش شده تأیید می‌شود. در این تحقیق وجود روند در مقادیر سلامت رودخانه در هر یک از ایستگاه‌ها به طور جداگانه ارزیابی شد و نتایج به دست آمده به صورت نمودار ترسیم شد و برای نمایش بهتر و نیز ارزیابی کلی منطقه نتایج به دست آمده با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به صورت نقشه نمایش داده شد.

بحث

نمودار تغییرات روند شاخص سلامت رودخانه به روش تخمینگر سن در ایستگاه‌های مطالعه شده استان اردبیل در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. تحلیل شاخص سلامت رودخانه در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل به روش تخمینگر سن

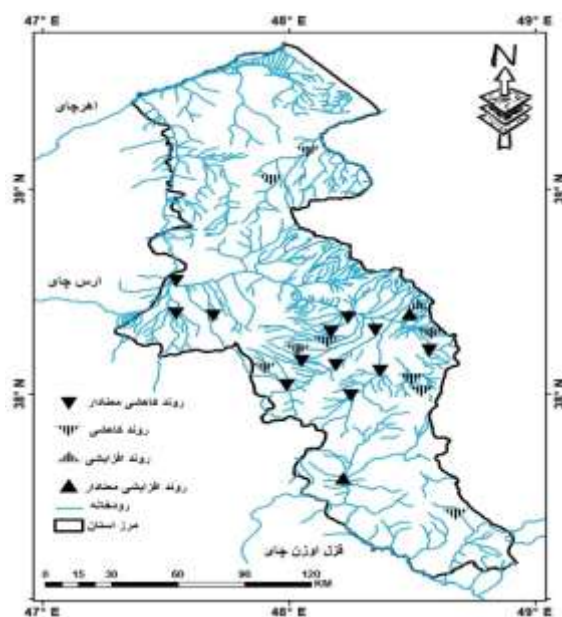


ادامه شکل ۲

جدول ۲. نتایج آزمون‌های من- کندال (Z) و سن (Q) برای شاخص سلامت رودخانه در استان اردبیل

ایستگاه	Z	Q	Q max95	B	B max95
پل الماس	-۴/۳۴**	-۰/۰۰۹	-۰/۰۱۶	۱/۰۴	۰/۹۷
پل سلطان	-۳/۳۵**	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	۰/۸۹	۰/۸۶
دوست‌بیگلو	-۳/۷۸**	-۰/۰۱۰	-۰/۰۱۵	۱/۰۶	۰/۹۷
سامیان	-۲/۵۷*	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۱	۱/۰۵	۰/۹۳
فیروزآباد	۰/۲۰*	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۹۰	۰/۸۵
گیلان‌ده	-۴/۶۹**	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۳	۰/۹۷	۰/۸۸
سولا	۲/۴۳*	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۷۶	۰/۶۸
نیر چای	-۳/۴۹**	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۱/۰۸	۰/۹۸
کوزه تپراقی	-۳/۲۷**	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۲	۱/۰۴	۰/۹۲
لای	-۱/۹۰	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۱/۰۱	۰/۸۲
شمس‌آباد	-۲/۷۹**	-۰/۰۱۵	-۰/۰۰۴	۱/۲۰۷۷	۰/۹۴۷۸۶
دورو	-۱/۵۶	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۱/۱۰۲۶	۰/۸۳۶۶
حاج‌احمد‌کندی	۰/۰۲۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۱۹	۰/۹۰۶	۰/۲۴۵۱۲
ویله درق	-۲/۶۶**	-۰/۰۱۵	-۰/۰۰۳	۱/۳	۰/۹۶۹۵
اکبرداود	-۰/۸۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۱/۰۰۳	۰/۷۹۱۳۳
ایریل	-۲/۱۰*	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۱/۰۶۵۴	۰/۸۵۵
آلادیزگه	-۰/۴۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۹۶۱۲	۰/۵۴۹۹۵
باروق	-۲/۲۱*	-۰/۰۱۵	-۰/۰۰۳	۱/۳	۰/۹۳۰۸۶
ننه‌کران	۰/۷۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲۴	۰/۷۷	۰/۰۹
عموقین	-۱/۷۲	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۳	۱/۳۳	۰/۷۷
مشیران	-۳/۰۶**	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۳	۱/۰۱	۰/۹۵
آتشگاه	-۱/۰۲	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۱۳	۱/۵۴	۰/۴۳
هیر	-۱/۸۵	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۱/۴۰	۰/۸۴
نئور	-۱/۷۸	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۱/۱۰	۰/۸۴

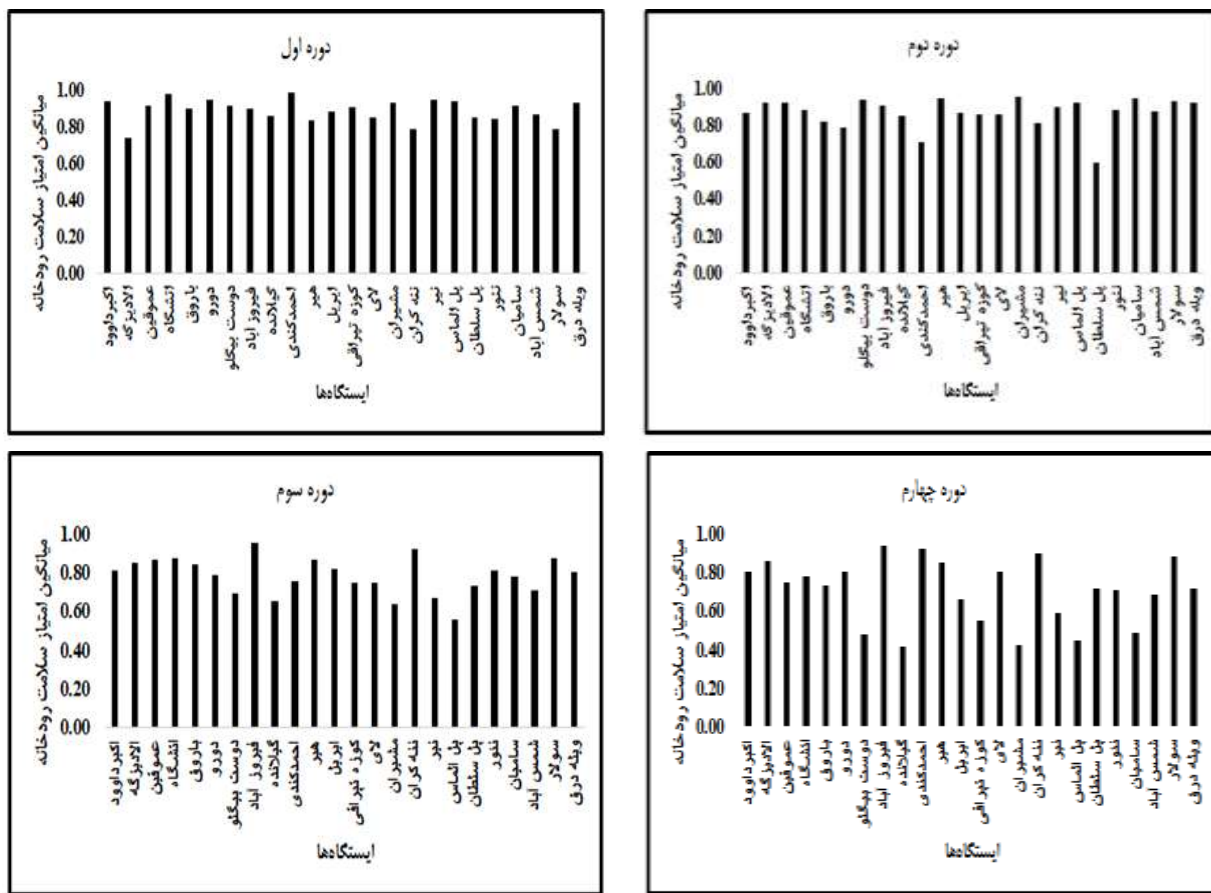
**وجود روند در سطح ۹۵ درصد؛ *وجود روند در سطح ۹۹ درصد



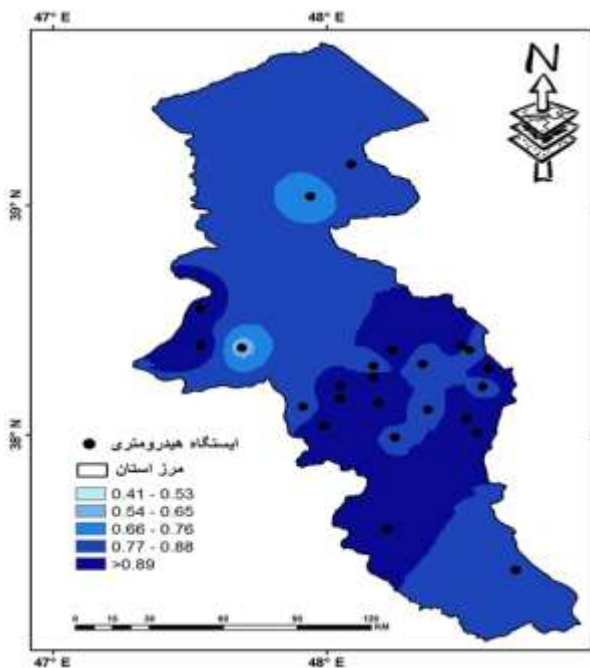
شکل ۳. توزیع روند شاخص سلامت رودخانه در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل

شاخص یادشده کاهش شدیدی پیدا کرده است. تحلیل دقیق تغییرات در دوره‌های اخیر به مطالعه میزان بهره‌برداری از آب‌های سطحی، تحلیل دقیق آمار ذخیره آب سدها، تغییرات اقلیمی ناشی از بارش نیاز دارد که تیلور و همکارانش (۲۰۱۳) ساخت سد را از عوامل اصلی تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیکی و تغییر زیستگاه رودخانه دانسته‌اند. بین دوره‌های مطالعه‌شده با توجه نتایج آزمون ناپارامتریک کروسکال والیس با $P \text{ value}=0$ اختلاف معناداری وجود دارد که بیان‌کننده تغییرات شاخص سلامت رودخانه در دوره‌های میان‌مدت است. در شکل‌های ۵ تا ۸ تغییرات مکانی سلامت رودخانه در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل نشان داده شده است که به روش وزنی معکوس فاصله (IDW) درونیابی شده‌اند.

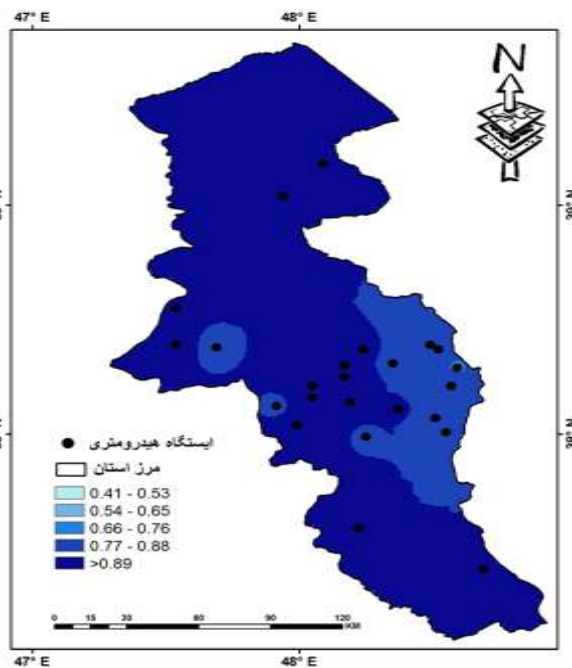
شکل ۳ که نتایج آزمون من-کندال را نشان می‌دهد که در بیشتر نقاط استان روند کاهشی وجود دارد و فراوانی روند کاهشی در سطح استان بیشتر است و در ایستگاه‌های بالادست استان با اینکه روند کاهشی دارند، ولی معنادار نیستند. متوسط مقادیر شاخص سلامت رودخانه با یک دوره آماری پنج‌ساله مشترک بین ایستگاه‌های در طول دوره آماری محاسبه و نتایج در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به نمودارهای ارائه‌شده در شکل ۴، شاخص سلامت رودخانه در دوره‌های مطالعه‌شده کاهش یافته و بیشترین شدت کاهش آن مربوط به دوره چهارم است که کمترین مقدار آن با $0/42$ مربوط به ایستگاه مشیران است. همچنان که تغییرات مقادیر شاخص سلامت هیدرولوژیک جریان (FH) نشان داده است در سال‌های اخیر نیز مقدار



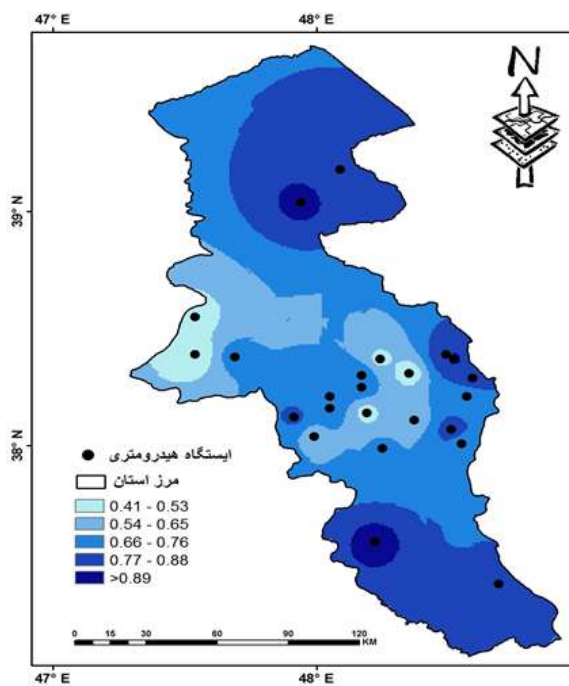
شکل ۴. متوسط مقادیر شاخص سلامت رودخانه در دوره پنج‌ساله ایستگاه‌های استان اردبیل



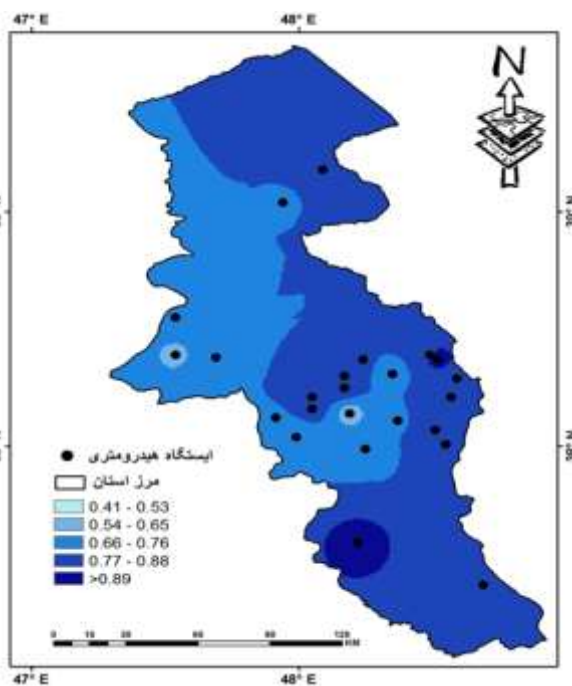
شکل ۶. تغییرات سلامت رودخانه پنج‌ساله دوم در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل



شکل ۵. تغییرات سلامت رودخانه پنج‌ساله اول در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل



شکل ۸. تغییرات سلامت رودخانه پنج‌ساله چهارم در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل



شکل ۷. تغییرات سلامت رودخانه پنج‌ساله سوم در ایستگاه‌های مطالعه‌شده استان اردبیل

داده است. همچنین بیشترین کاهش درجه شاخص سلامت رودخانه در دوره اول در قسمت شرقی، در دوره دوم در قسمت‌های شمالی و جنوبی، در دوره سوم در قسمت از مرکز و غرب استان و در دوره چهارم در همه قسمت‌ها کاهش

با توجه شکل‌های ۵ تا ۸ تغییرات سلامت رودخانه در دوره‌های مطالعه‌شده مشهود است. بیشترین تغییرات سلامت رودخانه در دوره چهارم مشاهده شد. کمترین تغییرات سلامت رودخانه نیز در دوره اول در قسمت شرقی استان رخ

ارزیابی سلامت اکوهیدرولوژیکی رودخانه از شاخص‌های رژیم جریان رودخانه شامل بزرگی، فراوانی، تداوم، زمان‌بندی و نرخ تغییرات جریان استفاده کرده‌اند. برای بررسی تغییرات زمانی سلامت رودخانه دوره آماری به چهار دوره پنج‌ساله تقسیم شد، در خصوص انتخاب بازه‌های پنج‌ساله در ارزیابی تغییرات، باید یاد شود که انتخاب بازه‌های یادشده می‌تواند شدت تغییرات خصوصیات هیدرولوژیک جریان و در نتیجه سلامت هیدرولوژیک میان دوره‌های انتخابی را تعیین کند. از طرفی، تغییرات اقلیمی ماهیت کاملاً تصادفی دارند و نوسانات آن در سال‌های مختلف بسیار زیاد است، در حالی که اثر فعالیت‌های انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی) به مراتب می‌تواند اثر و ماندگاری بیشتر و غیرقابل برگشت داشته باشد که در دوره‌های چندساله خود را نشان خواهد داد. نتایج استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس در سطح خطای ۵ درصد بین دوره‌های پنج‌ساله نشان داد که با P $\text{value}=0$ تفاوت معناداری بین دوره‌ها وجود دارد. با محاسبه مقادیر میانگین امتیاز سلامت رودخانه در دوره‌های مطالعه‌شده و نیز شکل‌های ۵ تا ۸ ارائه‌شده، مشخص شد که سلامت رودخانه در دوره‌ها کاهش یافته و بیشترین شدت کاهش درجه سلامت مربوط به دوره چهارم و کمترین مقدار سلامت رودخانه نیز در دوره یادشده مشاهده شده است که مربوط به ایستگاه مشیران است. کاهش شاخص سلامت هیدرولوژیک جریان می‌تواند شرایط بهره‌برداری از آب‌های سطحی را متأثر کند و سبب کاهش استفاده‌های اقتصادی از رودخانه‌ها شود که ژیا‌تویان و همکارانش (۲۰۰۶) نیز به اهمیت کاهش سلامت رودخانه و تأثیر آن بر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تأکید کرده‌اند. در مجموع، می‌توان گفت که در دوره مطالعه‌شده شاخص سلامت رودخانه در دوره‌های پنج‌ساله اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۰/۸۹، ۰/۸۷، ۰/۷۸ و ۰/۷۰ کاهش پیدا کرده است (شکل‌های ۵ تا ۸). همچنین بیشترین کاهش درجه سلامت رودخانه در ایستگاه‌های گیلان‌ده، مشیران، پل الماس و دوست‌بیگلو مشاهده شده است. نتایج می‌تواند در برنامه‌ریزی برای کاهش آثار منفی عوامل مؤثر بر کاهش سلامت جریان استفاده شود.

وجود دارد، ولی در مرکز استان این کاهش بیشتر از قسمت‌های دیگر مشاهده می‌شود. بخش اعظم منطقه مطالعه‌شده (استان اردبیل) در دامنه عددی بین ۰/۷۷ تا ۰/۸۹ قرار دارد؛ این در حالی است که در دوره چهارم مقدار شاخص سلامت رودخانه به شدت کاهش پیدا کرده است. به‌طور مثال، ایستگاه‌های دوست‌بیگلو و مشیران در دوره اول و دوم در محدوده ۰/۸۹ تا ۱ سلامت هیدرولوژیک جریان قرار دارند در حالی که در دوره سوم ایستگاه مشیران در بازه ۰/۵۴ تا ۰/۶۵ و ایستگاه دوست‌بیگلو در بازه ۰/۶۶ تا ۰/۷۶ قرار گرفته است. همچنین در دوره چهارم مقدار شاخص سلامت رودخانه در هر دو ایستگاه به بازه ۰/۴۱ تا ۰/۵۳ تنزل پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی رودخانه‌ها و نیز کاهش جریان بر اثر کاهش بارندگی و نیز تغییرات اقلیمی، ارزیابی سلامت رودخانه در مناطق مختلف کشور اهمیت دارد. هدف از تحقیق حاضر، تعیین روند و تغییرات زمانی و مکانی شاخص سلامت رودخانه در ۲۴ ایستگاه هیدرومتری استان اردبیل است. در این تحقیق، دوره آماری ۲۴ ساله بر اساس آمار موجود انتخاب و سپس امتیاز سلامت رودخانه برای هر سال در طول دوره آماری محاسبه شد. برای تحلیل روند سالانه سلامت رودخانه از آزمون من-کندال و تخمینگر سن استفاده شد. براساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، بر اساس تغییرات شاخص سلامت رودخانه، تعداد ۲۱ ایستگاه روند کاهشی و ۳ ایستگاه روند افزایشی داشته است. ایستگاه‌های پل الماس، پل سلطان، دوست‌بیگلو، گیلان‌ده، نیرچای، کوزه تپراقی، شمس‌آباد، ویله درق و مشیران روند کاهشی در سطح ۹۹ درصد دارند و ایستگاه‌های سامیان، ایریل و باروق در سطح ۹۵ درصد روند کاهشی دارند. در حالی که ایستگاه‌های سولا در سطح ۹۵ درصد و ایستگاه فیروزآباد در سطح ۹۹ درصد روند افزایشی وجود دارد و همچنین ایستگاه ننه‌کران نیز روند افزایشی دارد، ولی از لحاظ آماری معنادار نیست و بقیه ایستگاه‌ها نیز روند کاهشی غیرمعنادار دارند (جدول ۲). به‌طور کلی، نتایج این تحقیق روند کاهشی در مقادیر سلامت رودخانه را در حوضه‌های آبخیز در استان اردبیل نشان می‌دهند. در خصوص انتخاب شاخص‌های سلامت جریان رودخانه، وزنیکو و همکارانش (۲۰۱۵) نیز برای

منابع

- [1]. Pinto, Uthpala. Maheshwari, Basant-L, Sherestha, Surendra, and Morris, Charles, 2012, Understanding the meaning of river health for a community: perspectives from the peri-urban region of the Hawkesbury-Nepean catchment, Australia. *Water Policy*. Vol 14, pp766-783.
- [2]. Khoroshi, Saeid. Mostafazadeh, Raof, Esmali-Ouri, Abazar, and Raof, Majid, 2016, River health, importance and application. *Extension and Development of Watershed Management*. Vol 4(13), pp35-40. [Persian].
- [3]. Xiaoyan, Liu. Yuanfeng, Zhang, and Jianzhong, Zhang, 2006, Healthy Yellow River's essence and indicators. *J Geographical Sciences*. Vol 16(3), pp259-270.
- [4]. Karr, James-R. and Chu, Ellen-W, 2000, Sustaining living rivers. *Hydrobiologia*. Vol 422/423, pp1-14.
- [5]. Meyer, Judy-L, 1997, Stream health: incorporating the human dimension to advance stream ecology. *The North American Benthological Society*. Vol 16, pp439-447.
- [6]. Asiabi-Hir, Roghaye. Mostafazadeh, Raof, Raof, Majid, and Esmali-Ouri, Abazar, 2016, Water poverty index and its importance in water resources management. *Extension and Development of Watershed Management*. Vol 3(11), pp17-22. [Persian].
- [7]. Guo, Wenxian. Xia, Ziqian, and Wang Hongxiang, 2008, Connotation and evaluation indicators system of river health. *Proceedings of 16th IAHR-APD Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISH*. pp423-428.
- [8]. Maroofi, Safar. and Tabari, Hosein, 2011, Detecting the trends in discharge of the Maroon river by using parametric and nonparametric methods. *Geographical Research*. Vol 2, pp125-146. [Persian].
- [9]. Hojam, Sohrab. Khoshkhoo, Yunes, and Shamodin-Vandi, Reza, 2008, The trend analysis of seasonal and annual rainfall in some selected station in the central of Iran using non-parametric methods. *Physical Geography Reserch Quarterly*. Vol 64, pp157-168. [Persian].
- [10]. Shokri, Sanaz. Hushmand, Abdolrahim, and Moazedi, Hadi, 2014, Detecting the trend river flow variation of GorGor River using parametric and non-parametric methods. 1st National Conference Water, Human, Earth Isfahan. pp1-8. [Persian].
- [11]. Mousavian, Maryam. Haghi-Zadeh, Ali, Dehdari, Somayeh, and Hazbavi, zeynab, 2014, Affective environmental factors on temporal variations of water quality properties in Zard River in Khuzestan Province. *Iranian Journal of Ecohydrology*. Vol 1(1), pp59-68. [Persian].
- [12]. Zare-Bidaki, Rafat. Mahdianfard, Maryam, Honarbakhsh, Afshin, and Zeinivand, Hossein, 2015, Base flow estimation in Tیره Dorood River in order to environmental flow assessmen. *Iranian Journal of Ecohydrology*. Vol 2(3), pp275-287. [Persian].
- [13]. Khorshiddoust, Ali-Mohammad. Rezaei-Banafsheh, Majid, Mirhashemi, Hamid, and Kakolvand, Yusef, 2015, Studying the trend of changes in precipitation – discharge the Karkhe River sub-basin by using non-parametric methods, case study: Kashkan basin. *Journal of Irrigation Science and Engineering*. Vol 4, pp177-188. [Persian].
- [14]. Saeb, Keivan. Taghavi, Lobat, and Kazemian, Hosein, 2016, Monitoring and assessment of water health quality in the Haraz River, Iran using macroinvertebrates indices. *Iranian Journal of Ecohydrology*. Vol 3(1), pp45-53. [Persian].
- [15]. Rahimi, Leila. Deghani, Amir-Ahmad, Ghorbani, Khalil, and Abdolhosseini, Mohammad, 2014, Investigation of total and base flow trend in Arazkuseh hydrometric station (Gorganrood Watershed in Golestan Province). *Journal of Water and Soil Consrevation*. Vol 2, pp173-189. [Persian].
- [16]. Aziz-Abadi-Farahani, Maryam. and Shirshahi, Fahime, 2013, Study of temporal and spatial maximum discharge changes in the Karkhe basin. 1st Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. pp1-8.
- [17]. Kumar, Sanjiv. Merwad, Venkatesh, Kam, Jonghun, and Thurner, Kensey, 2009, Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*. Vol 374:(1-2), pp171-183.
- [18]. Taylor, Debra-L. Bolgrien, David-W, Angradi, Ted-R, Pearson, Mark-S, and Hill, Brian-H, 2013, Habitat and hydrology condition indices for the upper Mississippi, Missouri and Ohio rivers. *Ecological Indicators*. Vol 29, pp111-124.
- [19]. Pinto, Uthpala. and Maheshwari Basant, 2014, A framework for assessing river haelth in peri-urban lanscapes. *Ecohydrology & Hydrobiology*. Vol 14, pp121-131.
- [20]. Wozniki, Sean-A. Nejadhashemi, Pouyan-A, Ross, Dennis-M, Zhang, Zhen, Wang, Lizhu, and Esfahani Abdol-Hossein, 2015, Ecohydrological model parameter selection for

- stream health evaluation. *Science of the Total Environment*. Vol 511, pp 341–353.
- [21]. Sanchez, Georgina-M. Nejadhashemi, Pouyan-A, Zhang, Zhen, Marquat-Pyatt, Sandra, Habron, Geoffrey, and Shortridge, Ashton, 2015, Linking watershed-scale stream health and socioeconomic indicators with spatial clustering and structural equation modeling. *Environmental Modelling & Software*. Vol 70, pp113-127.
- [22]. Gonzales-Inca, Carlos-A. Lepistö, Ahti, and Huttula, Timo, 2016, Trend detection in water-quality and load time-series from agricultural catchments of Yläneenjoki and Pyhäjoki, SW Finland. *Boreal Environment Research*. Vol. 21, pp166-180.
- [23]. Gippel, Christopher-J. Marsh, Nick, and Grice Tory, 2012, Flow Health - Software to assess the deviation of river flows from reference and to design a monthly environmental flow regime. Technical Manual and User Guide, Version 2.0. ACEDP Australia-China Environment Development Partnership, River Health and Environmental Flow in China. International Water Centre, Brisbane, Fluvial Systems Pty Ltd, Stockton, and Yorb Pty Ltd, Brisbane, September. pp1-44.
- [24]. Addor, Nans. Nikolova, Silvia, and Seibert, Jan, 2016, Simulated discharge trends indicate robustness of hydrological models in a changing. *Geophysical Research Abstracts*. 18:EGU2016-10421-1, EGU2016.
- [25]. Loliyana, Viraj-D. and Patel Premlal, 2015, Trend analysis of climat variables and their impact on stream flow using Nam model. E-proceeding of the 36th. IAHR World Congress, 28June-3July, the Hague, the Netherlands, pp1-10.
- [26]. Lanzent, John-R. 1996, Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: theory and examoels including applications to historical radiosond station data. *International Journal of climatology*. Vol 16, pp1197-1226.
- [27]. Lettenmaier, Dennis-P. Wood, Eric-F, and Wallis, James-R, 1994, Hydro-climatological trends in the continental United States 1948–88. *Journal of Climate*. Vol 7, pp586–607.
- [28]. Salmi, Timo. Maatta, Anu, Antilla, Pia, Ruoho-Airola, Tuija, and Amnell, Toni, 2002, Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. Published by Finnish Meteorological Institute Publications on Air Quality No. 31 Vuorikatu 24, P.O. Box 503 Report code FMI-AQ-31 FIN-00101. pp1-35.
- [29]. Gilbert, Richard-O, 1987, Statistical methods for environmental pollution monitoring. 1st ed. New York: Van Nostrand Reinhold, pp201-239.
- [30]. Kazemzade, Majid. Malekiyan, Arash, Rasulzade, Ali, 2013, River flow trend analysis based on the parametric and nonparametric approaches in Ardebil province. *Journal of Earth Science Researches*. Vol 4, ppt51-63.